

METHOD AND SYSTEM FOR X-RAY TOMOGRAPHY

Publication number: JP7005125

Publication date: 1995-01-10

Inventor: SUZUKI SHINJI; TSUKAHARA HIROYUKI; NISHIYAMA YOJI

Applicant: FUJITSU LTD

Classification:

- international: G01N23/04; H05K3/00; H05K3/46; G01N23/04; G01N23/02; H05K3/00; H05K3/46; G01N23/02; (IPC1-7): G01N23/04; H05K3/00; H05K3/46

- european:

Application number: JP19930145796 19930617

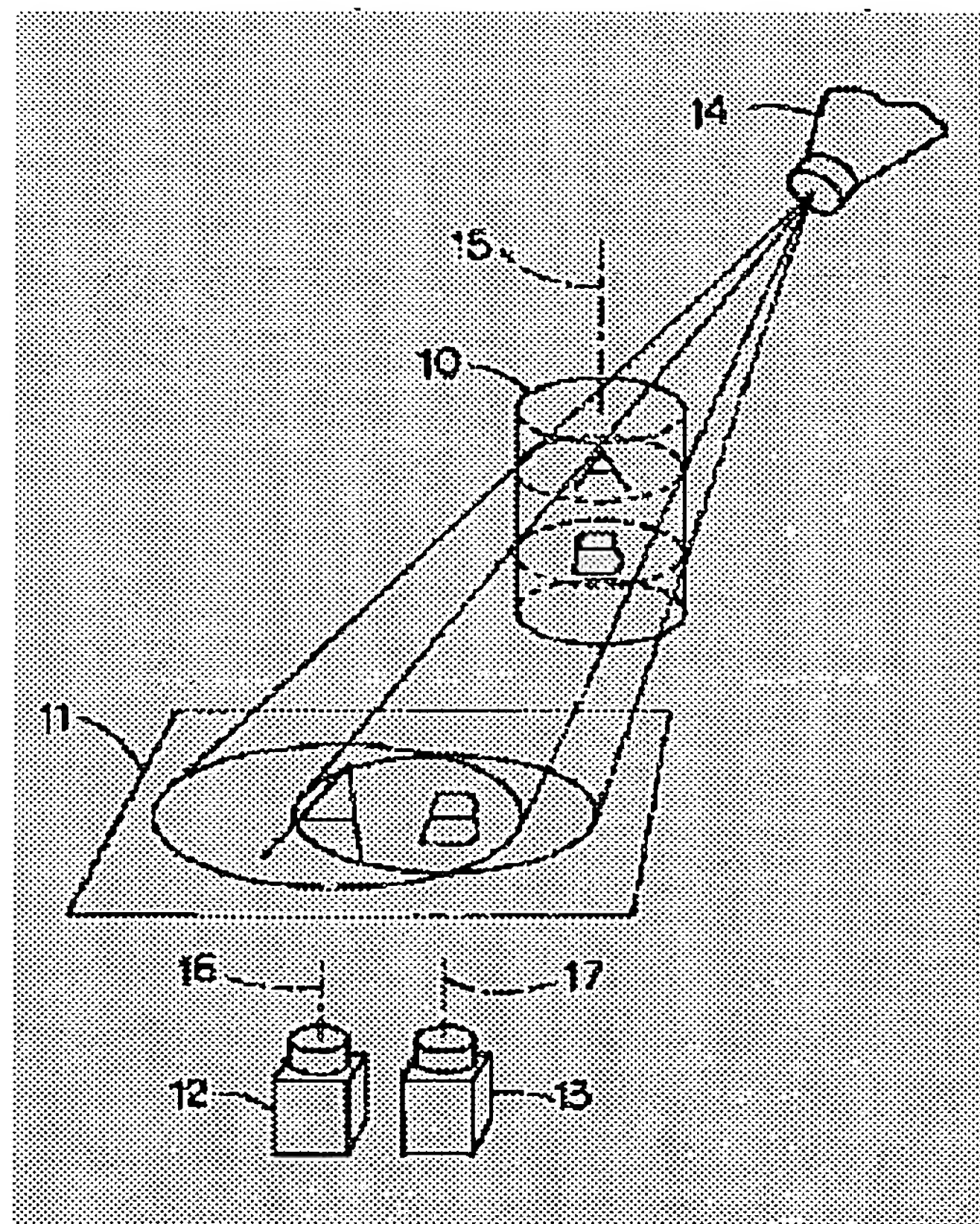
Priority number(s): JP19930145796 19930617

Report a data error here.

Abstract of JP7005125

PURPOSE:To provide a method and system for X-ray tomography in which a clear tomographic image can be obtained at low cost while allowing free modification of photographic conditions without requiring any special X-ray source or adjustment of beam.

CONSTITUTION:In the nondestructive photographic method for picking up the structural image of each layer in an object 10 under inspection, the object 10 is rotated about an axis intersecting each layer perpendicularly and irradiated with X-rays. X-rays transmitted through the object 10 is received by a fluorescent plate 11 disposed in parallel with each layer and the luminous image formed on the fluorescent plate 11 is received by means of sensors 12, 13 rotating in synchronism with the object 11. A two-dimensional image is then formed at an interval of predetermined rotational angle based on the output signals from the sensors. Subsequently, the two-dimensional images are accumulate and averaged thus producing the tomographic image of a target layer.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 23/04		7172-2 J		
H 0 5 K 3/00	Q	6921-4 E		
3/46	W	6921-4 E		

審査請求 未請求 請求項の数4 O L （全 7 頁）

(21)出願番号	特願平5-145796	(71)出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
(22)出願日	平成5年(1993)6月17日	(72)発明者	鈴木 伸二 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(72)発明者	塚原 博之 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(72)発明者	西山 陽二 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(74)代理人	弁理士 有我 軍一郎

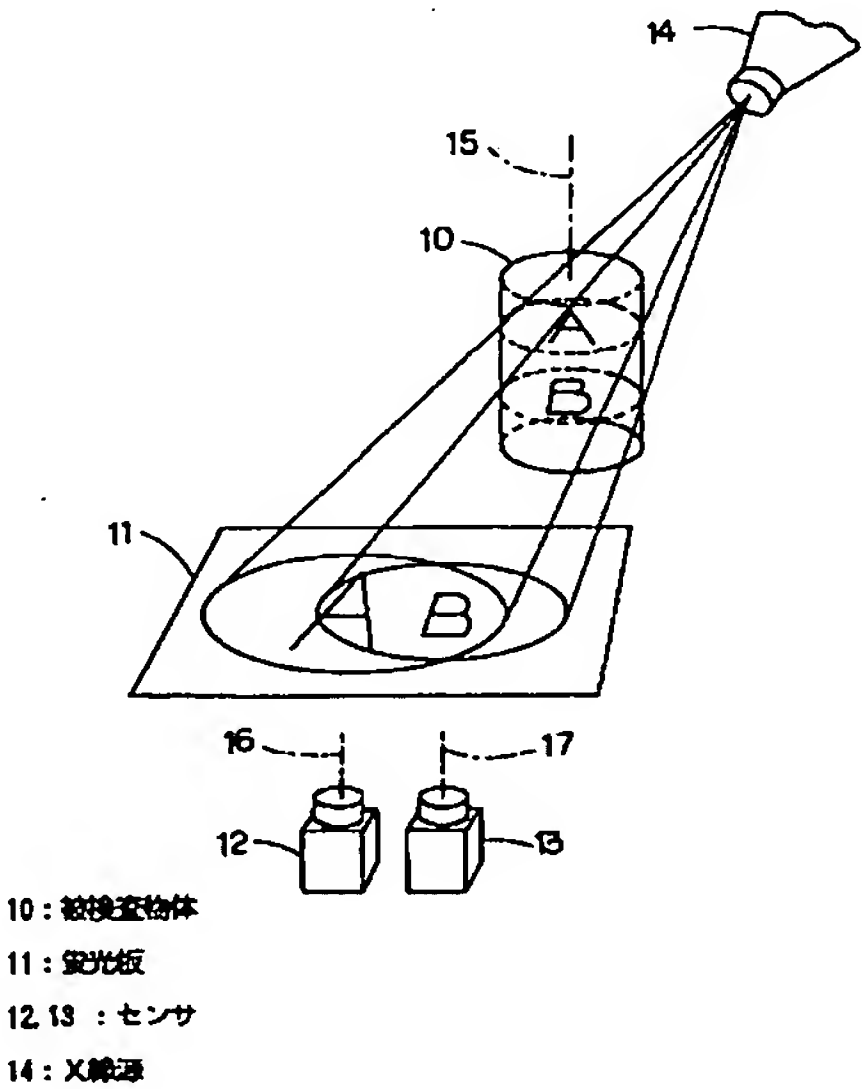
(54)【発明の名称】 X線断層撮影方法及びその装置

(57)【要約】

【目的】特殊なX線源や面倒なビーム調整を必要とせず、低コストで且つ撮影条件を自由に変更でき、しかも明瞭な断層画像が得られること。

【構成】被検査物体内部の各層の構造を非破壊で撮影する方法において、前記各層に直交する軸回りに前記被検査物体を回転させ、回転中の前記被検査物体に対してX線を斜めに照射し、前記被検査物体の透過X線を前記各層と平行な蛍光板で受け、該蛍光板上の発光像を前記被検査物体の回転に同期して回転するセンサで受光し、該センサの出力信号に基づいて所定回転角度毎の2次元画像を生成すると共に、該2次元画像を積算平均処理して注目層の断層画像を生成する。

本発明の概念構成図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】被検査物体内部の各層の構造を非破壊で撮影する方法において、
前記各層に直交する軸回りに前記被検査物体を回転させ、
回転中の前記被検査物体に対して X 線を斜めに照射し、
前記被検査物体の透過 X 線を前記各層と平行な蛍光板で受け、
該蛍光板上の発光像を前記被検査物体の回転に同期して回転するセンサで受光し、
該センサの出力信号に基づいて所定回転角度毎の 2 次元画像を生成すると共に、
該 2 次元画像を積算平均処理して注目層の断層画像を生成することを特徴とする X 線断層撮影方法。

【請求項 2】多層構造で且つ各層に直交する軸回りに所定速度で回転可能な被検査物体と、
前記被検査物体を斜めに照射する X 線を発生する X 線源と、
前記各層と平行に配置されるとともに前記被検査物体の透過 X 線に晒される蛍光板と、
該蛍光板上の発光像を受光して電気信号に変換すると共に前記被検査物体の回転に同期して回転するセンサと、
該センサからの電気信号を 2 次元画像に展開して記憶する複数の画像メモリと、
該複数の画像メモリの記憶内容を積算平均化処理する処理手段と、を備えたことを特徴とする X 線断層撮影装置。

【請求項 3】蛍光板とセンサの間にダブプリズムを配置し、センサの代わりにダブプリズムを回転させるようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の X 線断層撮影方法又は請求項 2 記載の X 線断層撮影装置。

【請求項 4】注目層に対応する蛍光板上の発光像の回転中心に、センサ又はダブプリズムの回転中心を一致させることを特徴とする請求項 1 記載の X 線断層撮影方法又は請求項 2 記載の X 線断層撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、X 線断層撮影方法及びその装置に関し、特に、板状で且つ X 線吸収係数の大きい内部構造を有する例えばプリント基板等の被検査物体に適用して好適な高分解能の X 線断層撮影方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】プリント基板等の被検査物体の断層撮影に好適な従来技術として、例えば「ラミノグラフィ」が知られている。

第 1 従来例

図 9 はラミノグラフィの概念図である。被検査物体 1 に対して斜めに配置された X 線源 2 は、逆円錐形軌跡を描きながら回転するようになっており、被検査物体 1 を透

過した X 線による発光像（便宜的に図中の丸付 A 及び B の図形で示す）の位置を X 線源 2 の動きに合わせて移動させるようになっている。

【0003】2 つの発光像 A、B の相対的な位置関係はそれぞれの旋回地点で異なり、例えば注目発光像を A とすると、地点イでは発光像 A の右側に発光像 B が位置し、地点ロでは上側、地点ハでは左側、さらに、地点ニでは下側に位置している。従って、図 10 (a) に示すように、注目発光像 A を固定観測すれば、発光像 B が逐次にその位置を変えるから、各地点で得られた画像の積算平均処理により、図 10 (b) に示すような注目発光像 A のみを抽出した画像、すなわち特定の断層撮影画像を得ることができる。なお、注目発光像 A の固定観測は、センサを発光像 A の中心に位置させるとともに、X 線源 2 の旋回運動に合わせてセンサを回転させればよい。

【0004】ところで、かかる第 1 従来例にあつては、相当な重さの X 線源 1 を機械的に高速旋回させなければならないから、機構が複雑化するという欠点がある。

第 2 従来例

図 11 は第 1 従来例の欠点を解決したラミノグラフィの改良概念図である。この例では、X 線源 3 の内部に設けられたターゲット 4 をリング状にし、このターゲット 4 に対してビームを円錐状にスキャンさせて照射することにより、上記第 1 従来例と同様の X 線スキャン照射を得るものである。

【0005】これによれば、X 線源 3 を機械的に旋回させる必要がないから、機構を簡素化できる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、かかる第 2 従来例にあつては、特殊な内部構造の X 線源を必要とするため、装置コストのアップを免れないという問題点があり、また、正確なビーム・スキャンのためのビーム調整が相当に面倒で、X 線管電圧や幾何学的拡大倍率 [X 線源 3 から蛍光板までの距離 $a + b$ と X 線源 3 から被検査物体 5 までの距離 a との比； $(a + b) / a$] 等の諸条件、すなわち撮影条件を固定化して使用せざるを得ないという問題点がある。さらに、ターゲット 4 で反射した X 線の断面が楕円形になる、反射によって散乱 X 線が多くなる等、第 1 従来例の透過型 X 線源に比べて明瞭な断層画像が得られないという問題点がある。

【目的】そこで、本発明は、特殊な X 線源や面倒なビーム調整を必要とせず、低コストで且つ撮影条件を自由に変更でき、しかも明瞭な断層画像が得られる X 線断層撮影方法及びその装置の提供を目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明に係る X 線断層撮影方法は、被検査物体内部の各層の構造を非破壊で撮影する方法において、前記各層に直交する軸回りに前記被検査物体を回転させ、回転中の前記被検査物体に対して

X線を斜めに照射し、前記被検査物体の透過X線を前記各層と平行な蛍光板で受け、該蛍光板上の発光像を前記被検査物体の回転に同期して回転するセンサで受光し、該センサの出力信号に基づいて所定回転角度毎の2次元画像を生成すると共に、該2次元画像を積算平均処理して注目層の断層画像を生成することを特徴とする。

【0008】本発明に係るX線断層撮影装置は、多層構造で且つ各層に直交する軸回りに所定速度で回転可能な被検査物体と、前記被検査物体を斜めに照射するX線を発生するX線源と、前記各層と平行に配置されるとともに前記被検査物体の透過X線に晒される蛍光板と、該蛍光板上の発光像を受光して電気信号に変換すると共に前記被検査物体の回転に同期して回転するセンサと、該センサからの電気信号を2次元画像に展開して記憶する複数の画像メモリと、該複数の画像メモリの記憶内容を積算平均化処理する処理手段と、を備えたことを特徴とする。

【0009】

【作用】本発明では、図1に示すように、被検査物体10を斜めに透過したX線が蛍光板11に照射され、この蛍光板11に形成された発光像（便宜的に図中の丸付A及びBの図形で示す）がセンサ12、13で観測される。なお、14はX線源、15は被検査物体10の回転軸、16、17はセンサ12、13の回転軸である。

【0010】ここで、被検査物体15を回転させると、発光像A、Bも同様に回転するが、蛍光板11上における発光像A、Bの位置は変化しない。今、被検査物体10の回転に合わせてセンサ12、13を回転させると、それぞれのセンサ12、13によって図11の左列に示すような画像が観測される。それぞれの画像は、上から順に0°、45°、90°、135°及び180°の回転角であり、像A、Bは位置を固定したままで回転していることが認められる。従って、各回転角における画像をメモリに記憶すると共に、その記憶内容の積算平均を求めることにより、注目画像（この例では像A）のみを抽出することができる。

【0011】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図4～図7は本発明に係るX線断層撮影方法及びその装置の一実施例を示す図である。まず、構成を説明する。図4において、20はX線源であり、X線21は軸22を中心に回転可能なステージ23上の被検査物体24（例えば、LSIチップを多数の半田バンプで接合したフリップチップと呼ばれるプリント基板）を透過して蛍光板25に照射される。蛍光板25は、アクリル板25aの表面にX線蛍光材（例えば、 $Gd_2O_2S:Tb$ ）を塗布した構造で、ここでは、幾何学的拡大率を均一にするために被検査物体24に対して平行に配置している。

【0012】蛍光板25の上下面には、複数ペア（被検査物体24の断層の数に依存；ここでは便宜的に3つの

ペア）のダブプリズム（DOVE PRISMS）26～28とセンサ29～31のペアが設けられており、ひとつのペアの軸32は蛍光板25上の地点xから延びる垂線上に位置し、他のひとつのペアの軸33は同じく地点yから延びる垂線上に位置し、残りのペアの軸34は同じく地点zから延びる垂線上に位置している。上記のステージ23及び3つのダブプリズム26～28は、ステージコントローラ35からの制御によって同期回転するようになっている。

【0013】ここで、ダブプリズム26（27又は28）は像回転プリズムとも呼ばれ、各種オプトメカニカルシステムを中心に使用されるもので、図5（a）に示すように、正方断面の角柱ガラス36の両端を斜めにカットし、そのカット面37、38を入射面及び出射面とすると共に、底面39を反射面とするものである。ダブプリズムを透過する像にプリズムの回転角の二倍回転を与えることができる。なお、図5（b）は、ダブプリズムの回転と出力像の関係を示す図である。

【0014】図6はセンサ29（30又は31）の構成例であり、この例は、レンズ40を介して取り込んだ入射像を、マイクロチャネルプレート41を含むイメージインテンシファイア42で光から電気信号に変換して増幅した後、再び光に変換し、テーパ状の光ファイバプレート43を介して二次元CCDセンサ44に入力するようにしたものである。テーパ状の光ファイバプレート43を使用するので、光学レンズを用いたときのような集光効率の低下を招くことがなく、所要の縮小画像を得ることができ、高解像度、高分解能の断層画像を得ることができる。

【0015】次に、作用を説明する。テーブル23を一定の速度Vで回転させながらテーブル23上の被検査物体24にX線を照射すると、蛍光板25の表面には被検査物体24の断層の数と同数の発光像、具体的には、その表示位置が一定で且つテーブル23の回転に同調して回転する像が現れる。

【0016】今、蛍光板25の地点xをひとつの発光像（注目像と言う）の中心位置と仮定すると、この地点xの直下に位置するダブプリズム27及びセンサ30によって注目像とその周囲の像が撮影される。ダブプリズム27は先にも述べたように「透過する像に対してプリズムの回転角の二倍回転を与える」ものである。従って、ダブプリズム27の回転を被検査物体24の1/2回転に相当する回転角度でコントロールすれば、センサ30を固定状態にしたままでも非回転の像を撮影することができ、センサ30の回転機構等を不要にできる。

【0017】ダブプリズム27及びセンサ30で撮影された画像（注目像とその周囲の像）は、図示を略したコンピュータに送られ、画像メモリに記憶される。画像メモリは、複数枚の画像を記憶できるだけの容量を持って

おり、被検査物体 24 の所定回転毎における画像を逐次に取り込んで記憶する。一連の画像取り込みが完了すると、コンピュータは、メモリ内の全ての画像を重ね合わせて積算すると共に、さらに、その積算値を画像枚数で割って平均値を求める処理を実行する。

【0018】注目像は、ダブリズム 27 及びセンサ 30 の軸 33 に一致する中心位置を持つ像であり、被検査物体 24 の回転に合わせて同一に回転する像である。従って、メモリ内には、座標位置及び回転位置が全く変化しない固定画像として記憶されるから、注目像の積算値はほぼ画像枚数倍となり、且つ、平均値はほぼ 1 つの画像の値に等しくなる。他方、注目像の周囲の像は、被検査物体 24 の回転に伴って注目像の回りを周回する移動画像であり、積算値及び平均値は、注目像よりも確実に少ない値になる。すなわち、両者のレベル差を利用し、適当なスライスレベルと比較することにより、注目像だけを容易に抽出でき、当該注目像に対応する特定の断層画像を簡単に撮影することができる。

【0019】なお、メモリに記憶された複数の画像を積算平均する際に、図 7 に示すように、例えば像 B が常に一致するように各画像の回転及び座標位置関係を調節すれば、像 A を消して像 B だけを抽出できるようになる。従って、1 度の撮影によって得られた撮影画像から複数の断層像を得ることができる。また、図 4 では、蛍光板 25 の両面にダブリズム及びセンサを設けているが、これは発光像の間隔が狭い場合（換言すれば、被検査物体 24 の断層間隔が狭い場合）にも適用できるようにするためである。すなわち、ダブリズムとセンサの位置は、観測対象となる発光像の中心位置に合わせる必要があるが、干渉蛍光板 25 の片面側だけに配置した場合には、隣り合うダブリズムやセンサ同士の干渉を避けるために、最適位置に配置できないことが起り得る。しかし、蛍光板 25 の両面に配置しておけば、このような配置問題を生ずることなく、微小間隔の発光像を同時に観測することができるようになる。

【0020】さらに、被検査物体 24 の断層間隔が狭い場合に適用できる例としては、図 8 のようにしてもよい。すなわち、蛍光板 45 の一方面側（図では下面側）に、ダブリズム 46、47 及びセンサ 48、49 を配置すると共に、ひとつのダブリズム 46 に入射する光軸をハーフミラー 50 で曲げるようにしてもよい。なお、図において、51 は X 線源、52 は被検査物体である。

【0021】本発明は、以上のように構成したので、特殊な X 線源や面倒なビーム調整を必要とせず、低コストで且つ撮影条件を自由に変更でき、しかも明瞭な断層画像が得られる X 線断層撮影方法及びその装置を得ることができる。すなわち、①ラミノグラフィにおいては、被検査物体に照射する X 線の照射角度を傾けるほど厚さ分解能を高くすることができる。これは、被検査物体をよ

り薄くスライスできることを意味しているが、反面、二次元画像の分解能が低下する欠点がある。逆に、X 線の照射角度を緩やかにすると、二次元画像の分解能が高くなる一方で、厚さ分解能が低下する。すなわち、被検査物体の内部構造や検査目的に応じて X 線の照射角度を自由に設定できることが望ましいが、この点で本発明は要求を満足することができる。②X 線源、被検査物体、蛍光板及びセンサの距離を自由に選ぶことが可能なため、幾何学的拡大率の任意設定が可能であり、撮影条件の固定化が必要でない。③X 線の焦点寸法の大きさに制約がないため、現在、マイクロ・フォーカスで得られているような数 μm 以下といった微細な焦点寸法を実現可能である。④一度の照射で複数の断層を同時に撮影できるため（センサの個数が上限）、X 線の移動操作を不要にでき、撮影時間を短縮化できる。このことは、被検査物体に対する X 線の照射量を少なくできることを意味し、例えば、半導体集積回路の内部情報の破壊を回避できる。⑤透過型の X 線源を使用するため、反射型の X 線源のように X 線焦点が楕円に変形することがない。従って、画像の歪みを回避できると共に、散乱 X 線を抑えることができる結果、反射型 X 線源よりも明瞭な X 線画像を得ることができる。

【0022】

【発明の効果】本発明によれば、以上のように構成したので、特殊な X 線源や面倒なビーム調整を必要とせず、低コストで且つ撮影条件を自由に変更でき、しかも明瞭な断層画像が得られる X 線断層撮影方法及びその装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の概念構成図である。

【図 2】本発明の被検査物体を回転させた場合の概念構成図である。

【図 3】本発明の被検査物体の各回転角度における観測状態図である。

【図 4】一実施例の構成図である。

【図 5】一実施例のダブリズムの外観図及び像回転の状態図である。

【図 6】一実施例のセンサの構成図である。

【図 7】一実施例の他の積算平均処理の状態図である。

【図 8】一実施例の他の構成図である。

【図 9】第 1 従来例の構成図である。

【図 10】積算平均処理の状態図である。

【図 11】第 2 従来例の構成図である。

【図 12】反射型 X 線源の不具合状態図である。

【符号の説明】

10、24、52：被検査物体

11、25、45：蛍光板

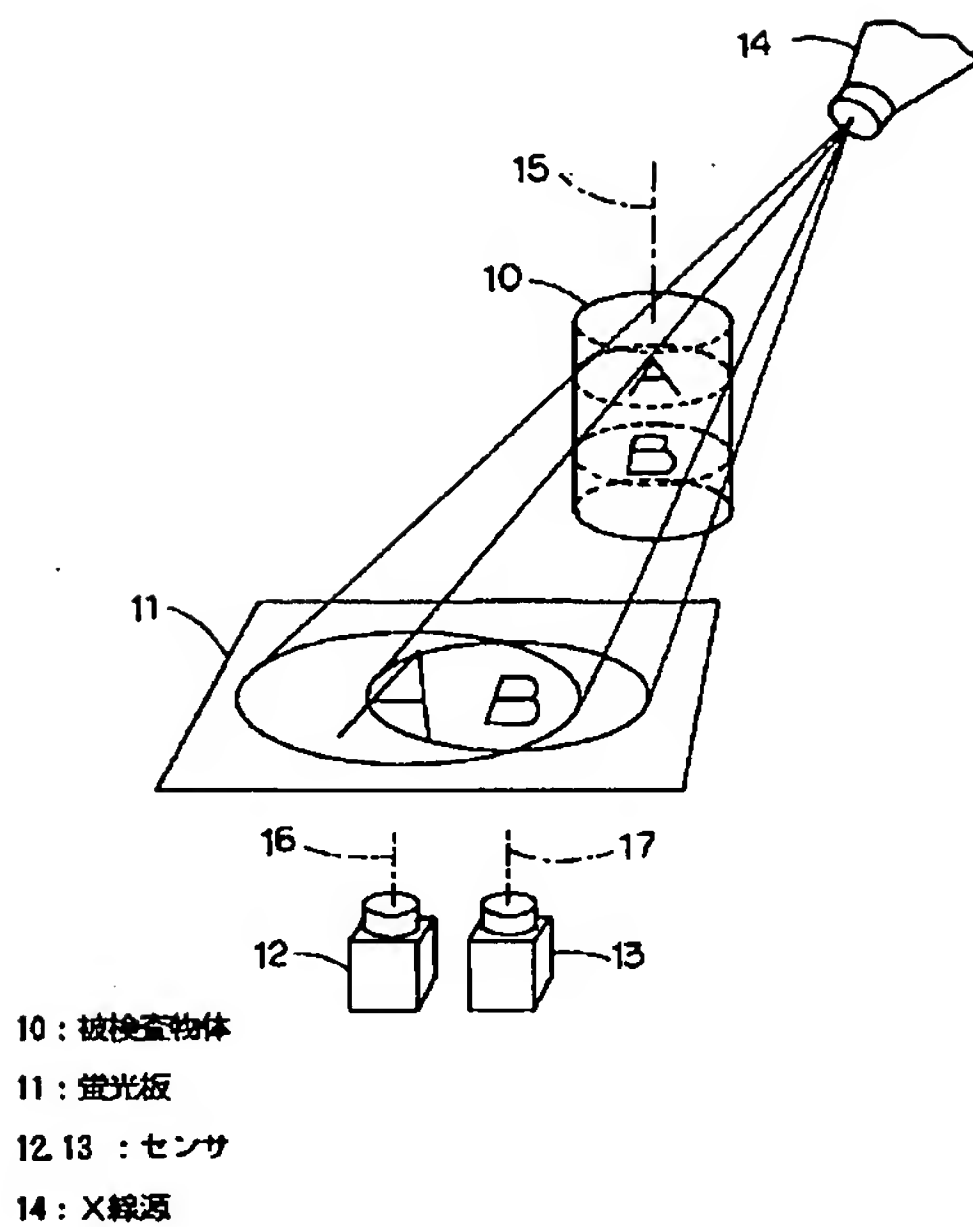
12、13、29、30、31、48、49：センサ

14、20、51：X 線源

16、17、28、46、47：ダブリズム

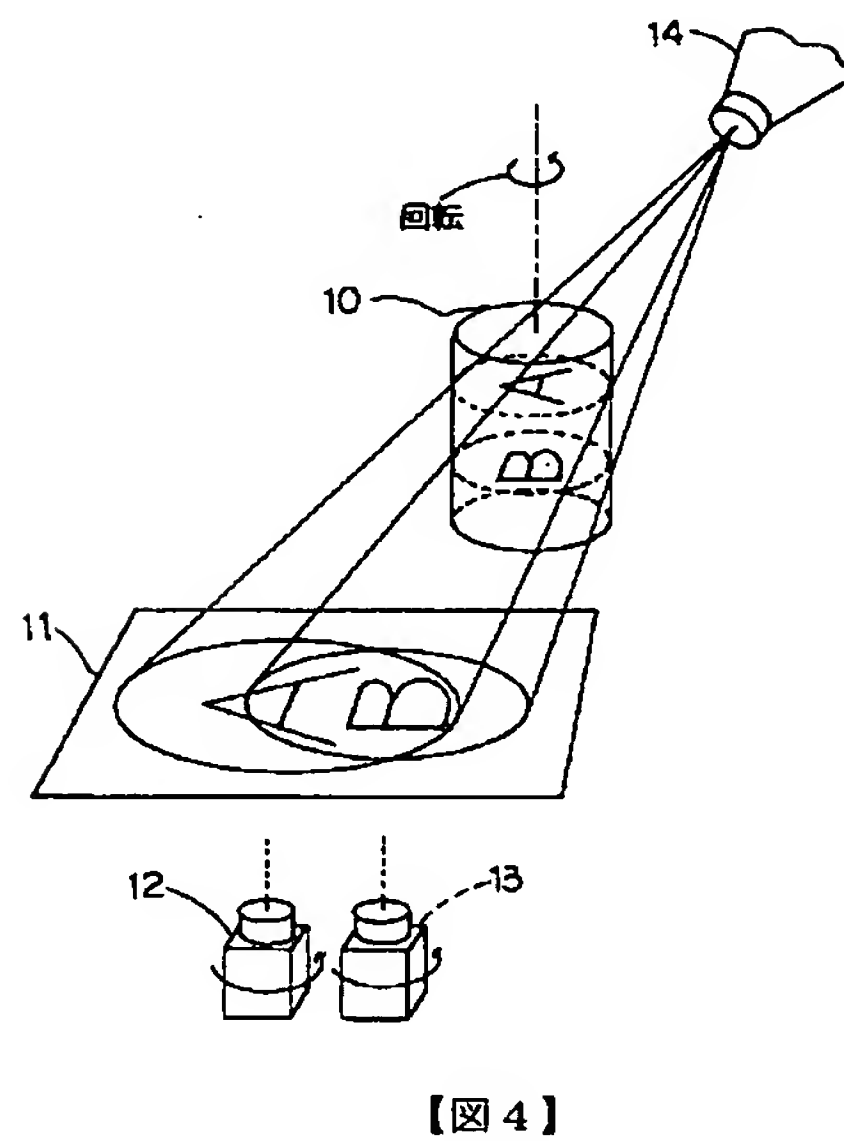
【図1】

本発明の概念構成図



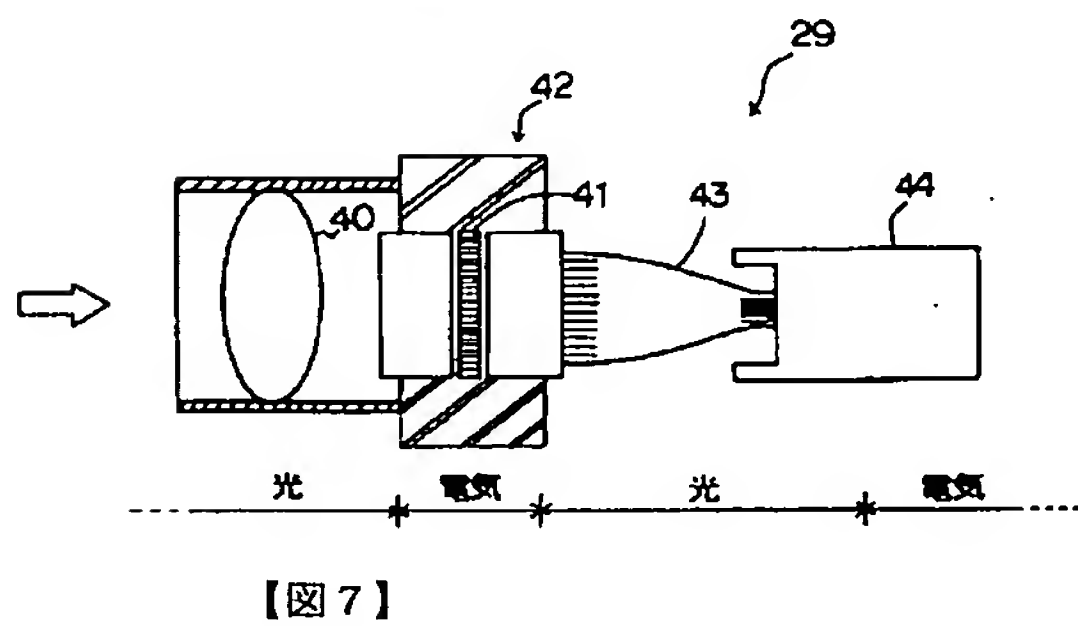
【図2】

本発明の被検査物体を回転させた場合の概念構成図

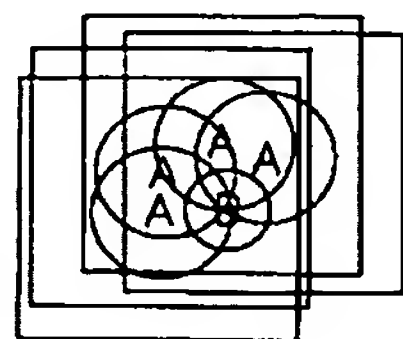


【図6】

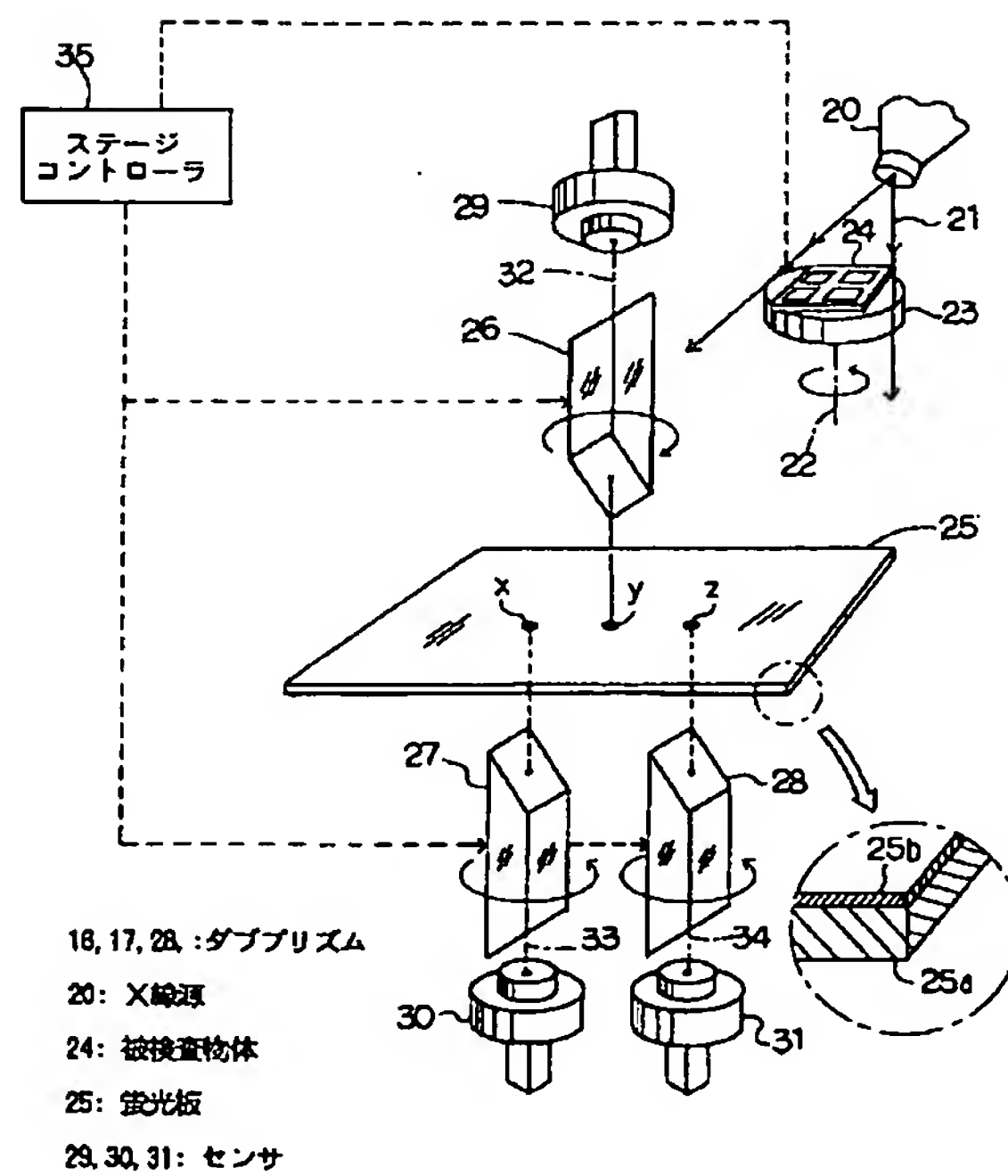
一実施例のセンサの構成図



一実施例の他の積算平均処理の状況図

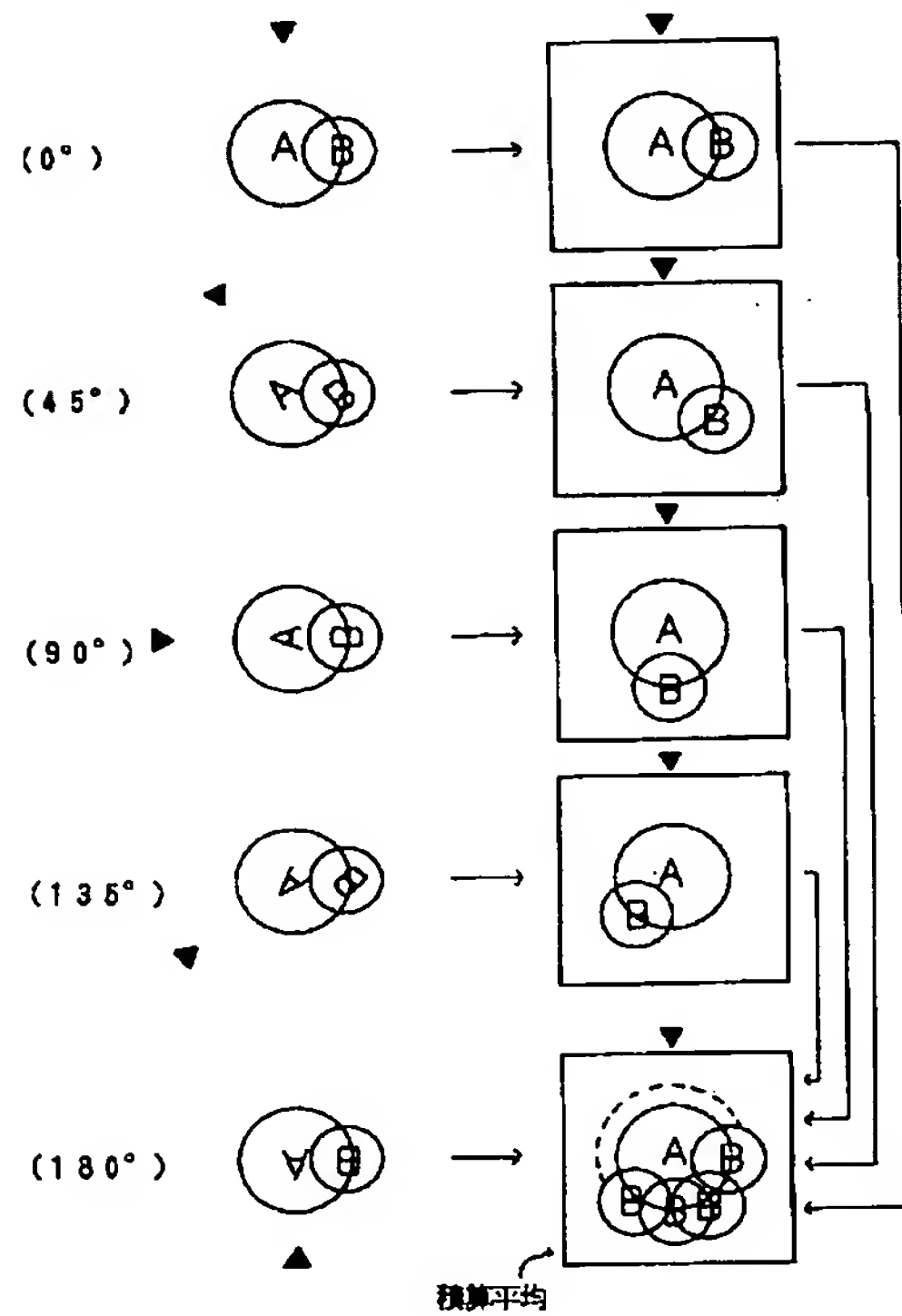


一実施例の構成図



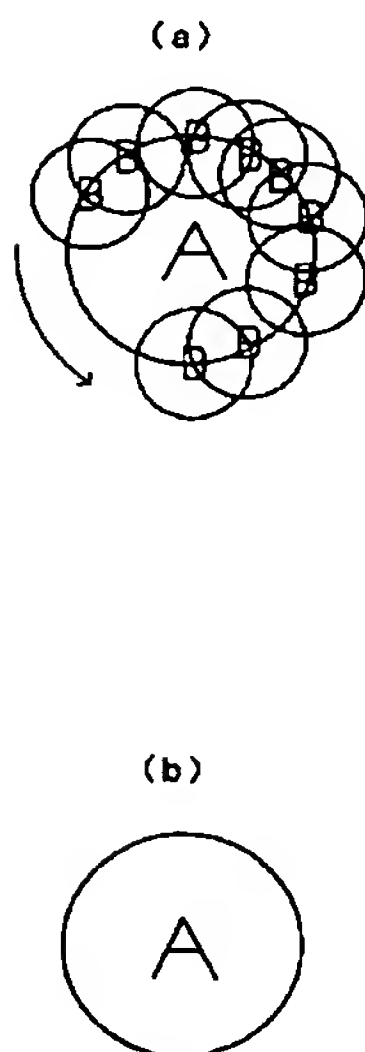
【図3】

本発明の被検査物体の各回転角度における観測状態図



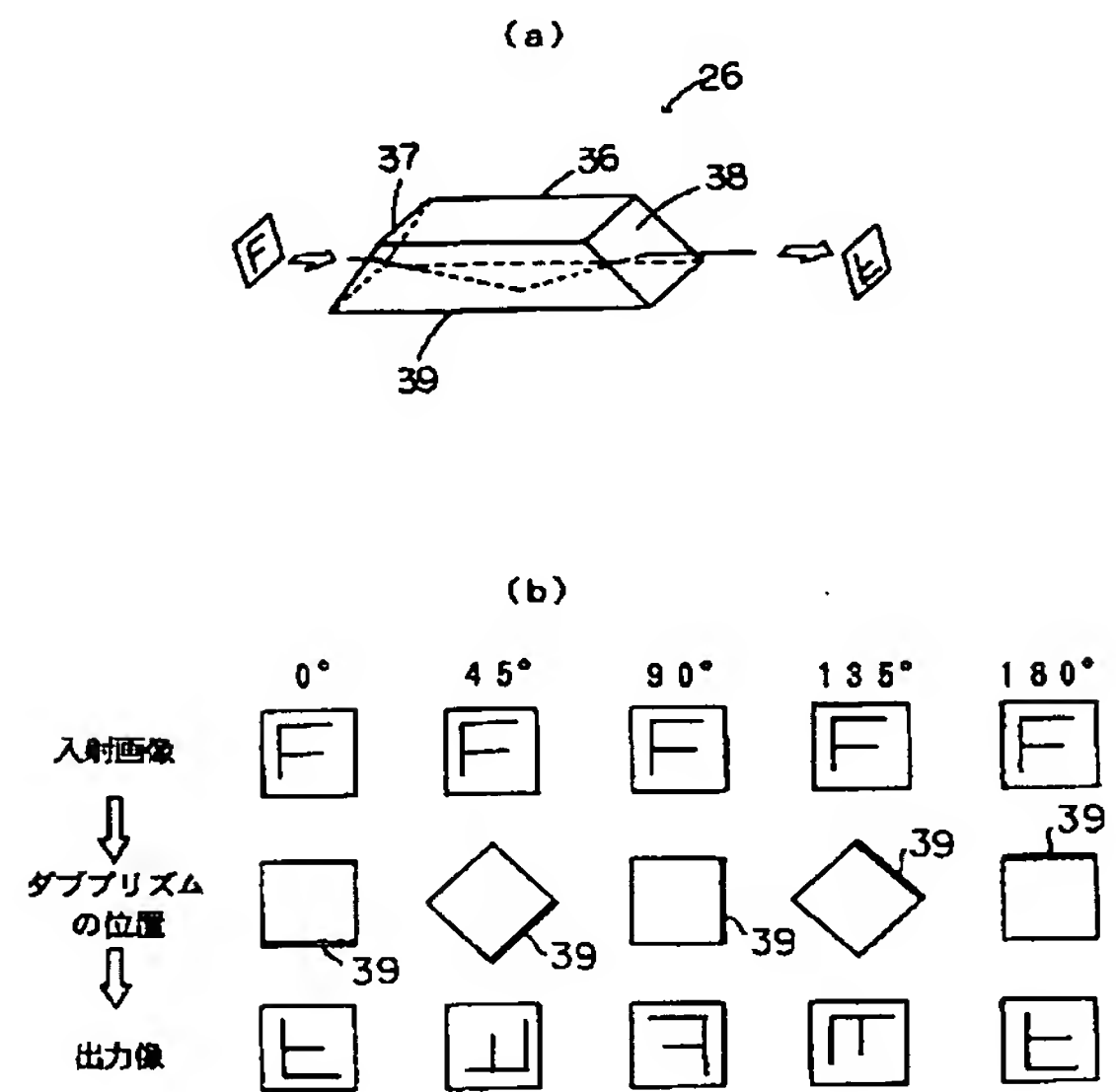
【図10】

積算平均処理の状態図



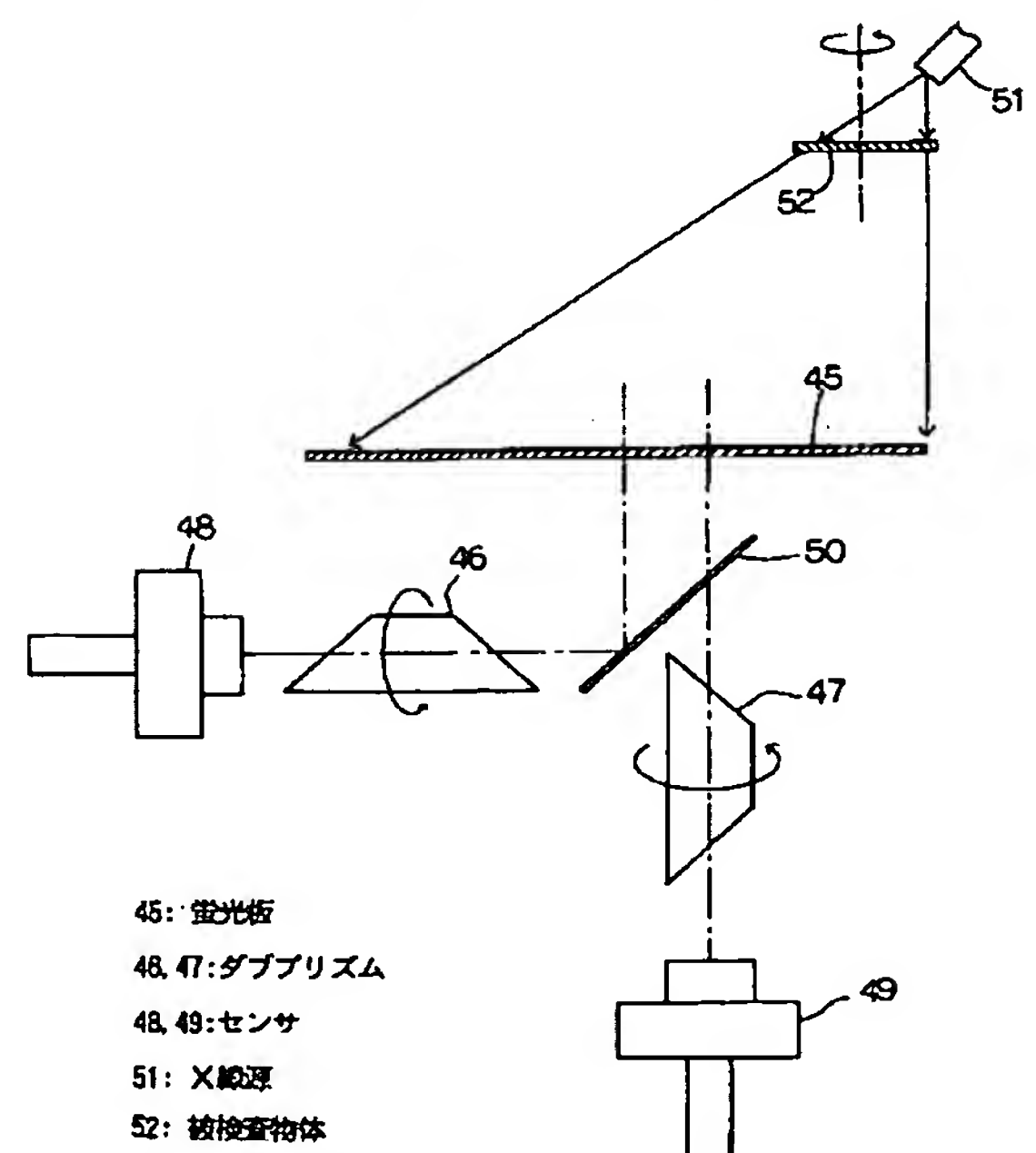
【図5】

一実施例のダブリズムの外観図及び像回転の状態図



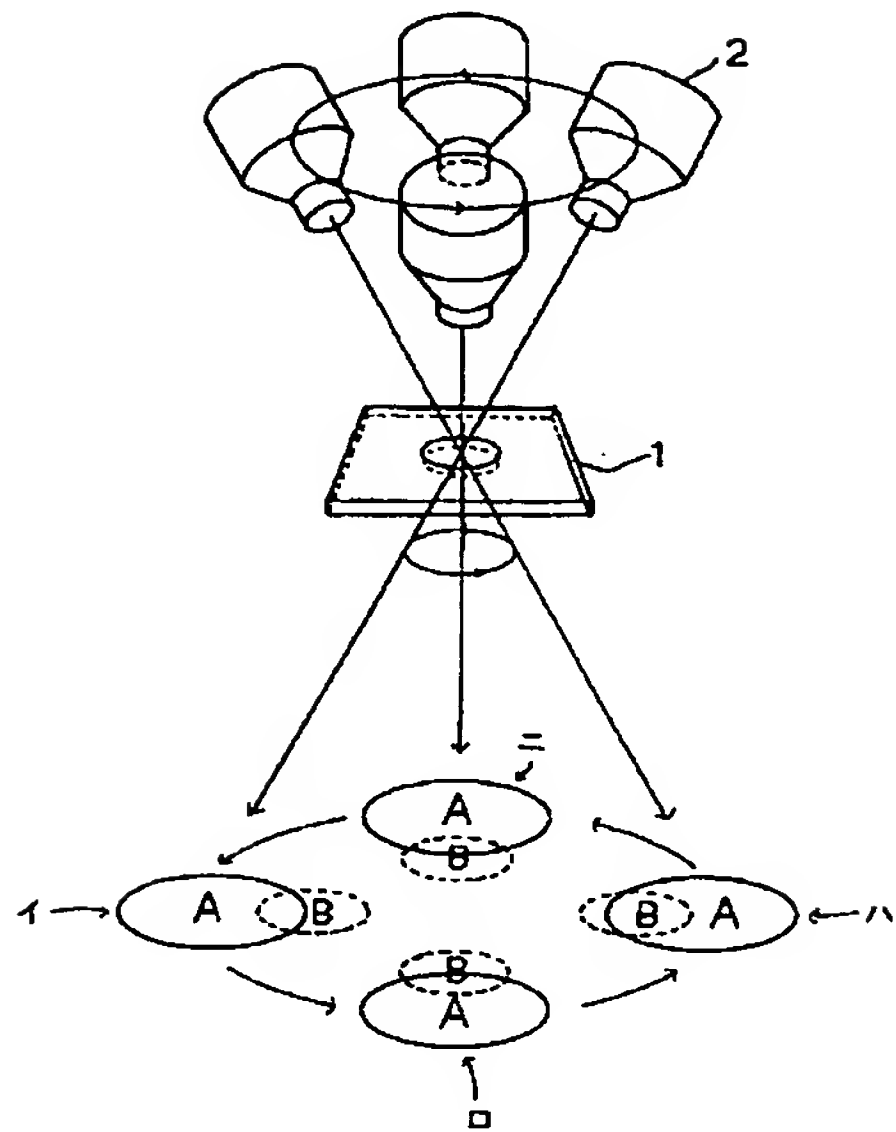
【図8】

一実施例の他の構成図



【図 9】

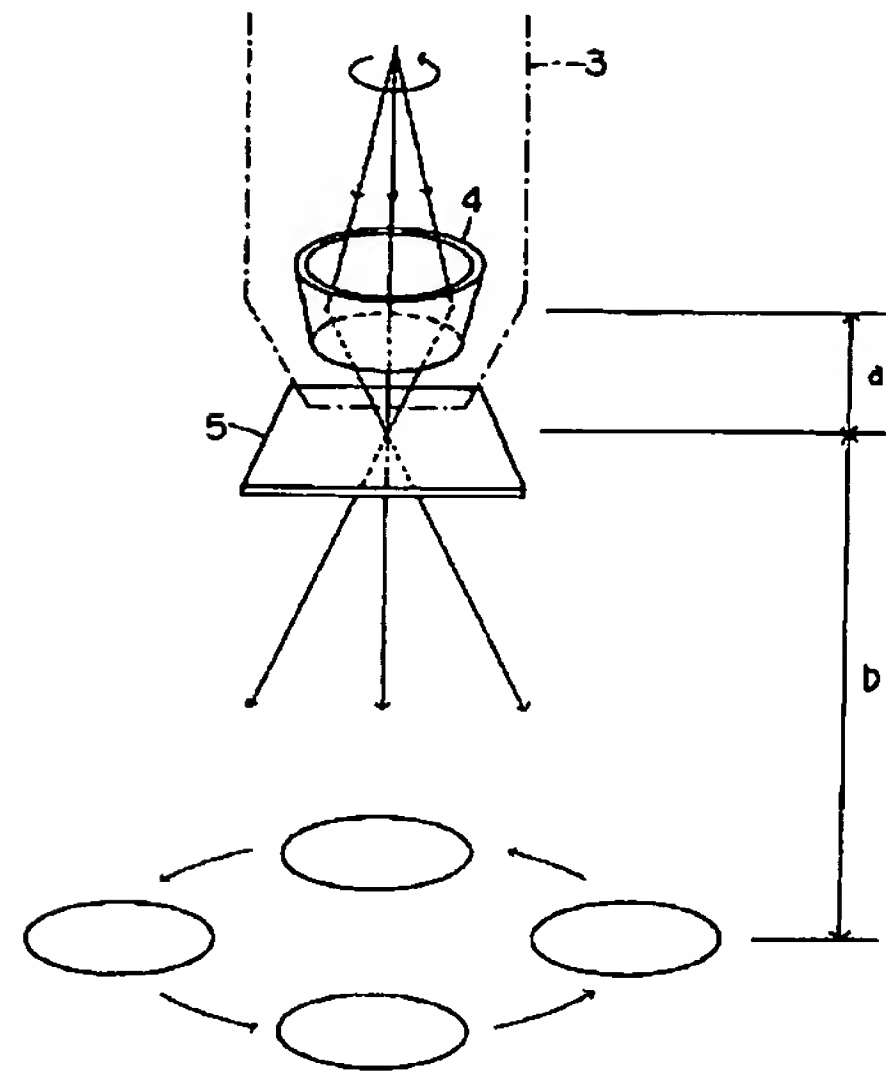
第1従来例の構成図



【図 1 2】

【図 1 1】

第2従来例の構成図



反射型X線源の不具合状態図

